

Lärmwirkungsstudie NORAH

Schlafstudie

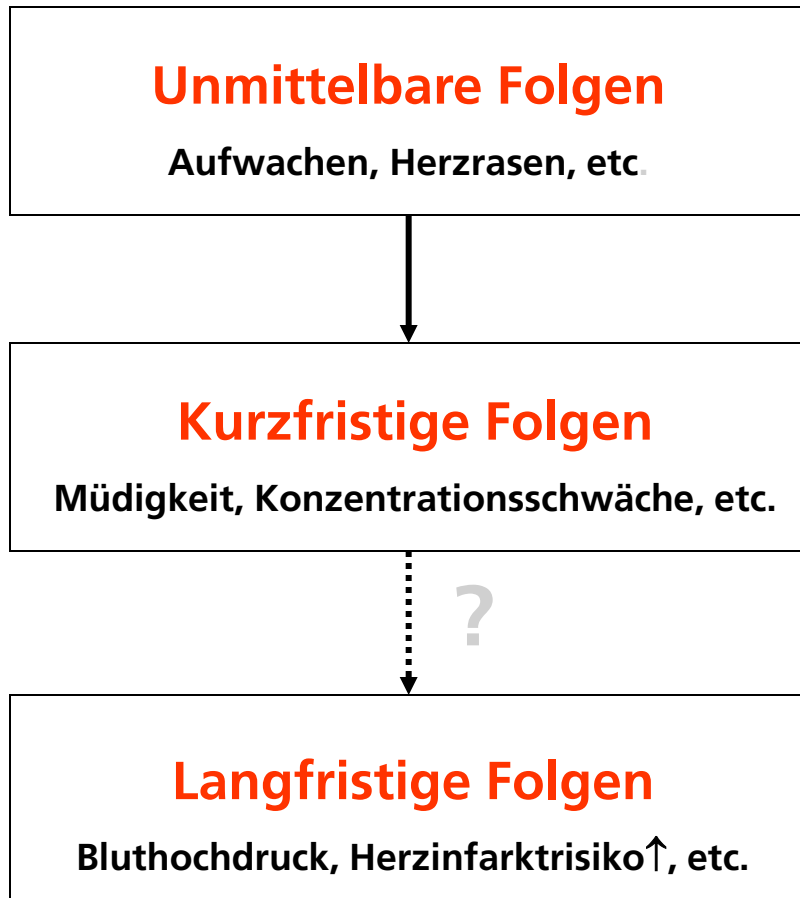
U. Müller, E.-M. Elmenhorst, F. Mendolia,
J. Quehl, D. Aeschbach

Fluglärmkommission Nürnberg, 14.06.2016

Übersicht

- Methodik Schlafstudie
- Ergebnisse Polysomnografiemessungen 2011 + 2012 + Vergleich mit Köln/Bonner-Studie 2001/2002
- Ergebnisse vegetativ-motorische Messungen 2013
- Ergebnisse zu den Befragungen zur subjektiven Schlafqualität und Belästigung durch Fluglärm in der vorherigen Nacht 2011-2013
- Ausführliches Fazit (NORAH + allg. Wissenstand heute)
- Weiterführende Informationen

Übersicht: Umweltbedingte Schlafstörungen



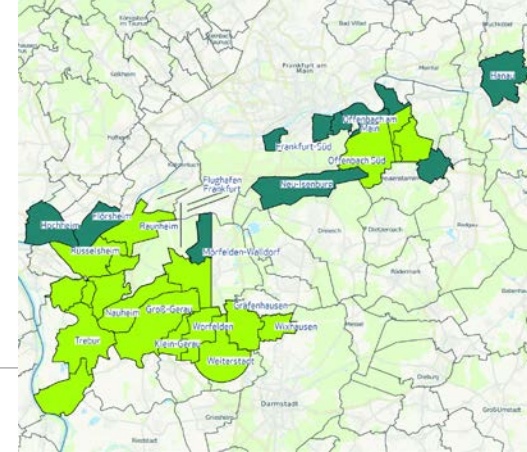
Studien zu den Akutwirkungen

- + exakte Erfassung von Lärm und Lärmwirkung
- + ereigniskorrelierte Auswertung möglich
- nur indirekte Aussagen über langfristige Folgen möglich

Epidemiologische Studien

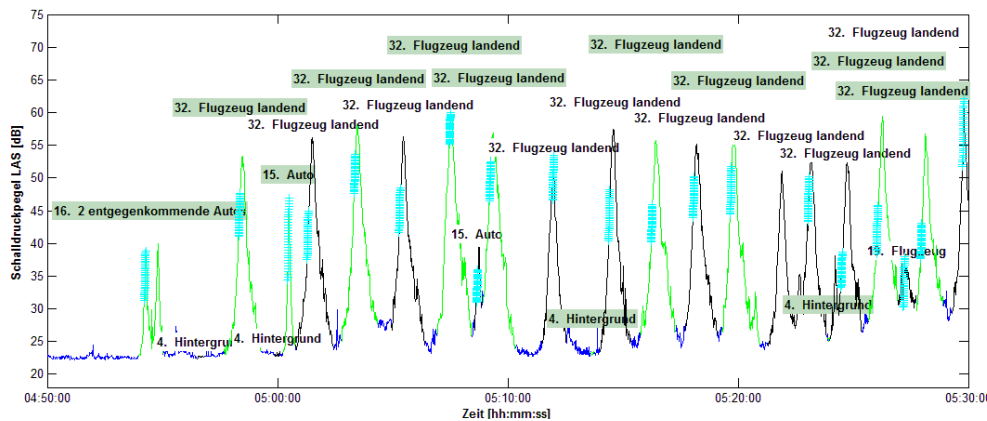
- + Aussagen über langfristige Folgen möglich
- keine exakte Erfassung von Lärm (Leq) und anderen Risikofaktoren

Untersuchungsgebiete der NORAH-Schlafstudie im Rhein-Main Gebiet um den Frankfurter Flughafen, hellgrüne Flächen: Gebiete 2011-2013, blaue Flächen: neu hinzugekommene Gebiete in 2013.



Methodik

- Polysomnografie, 2011 + 2012 („Goldstandard der Schlafmessung“)
- Vegetativ-motorische Reaktionen, 2013 (in NORAH weiterentwickelte vereinfachte Methodik)
- Befragungen zum Schlaf der vorangegangenen Nacht



40-minütiger Schalldruckpegelverlauf am Ohr des Schlafenden vom 28.07.2011 an einer Messstelle in Offenbach bei geöffnetem Fenster.



Methodik: Bettzeitgruppen

2011 (49 schlafgesunde Probanden à 3 Nächte)



Bisher weltweit die Feldstudie mit der größten Probandenanzahl zur Charakterisierung des Schlafes mittels physiologischer Messmethoden

Bettzeitgruppe 1:

22-22.30 Uhr bis 06-06.30 Uhr

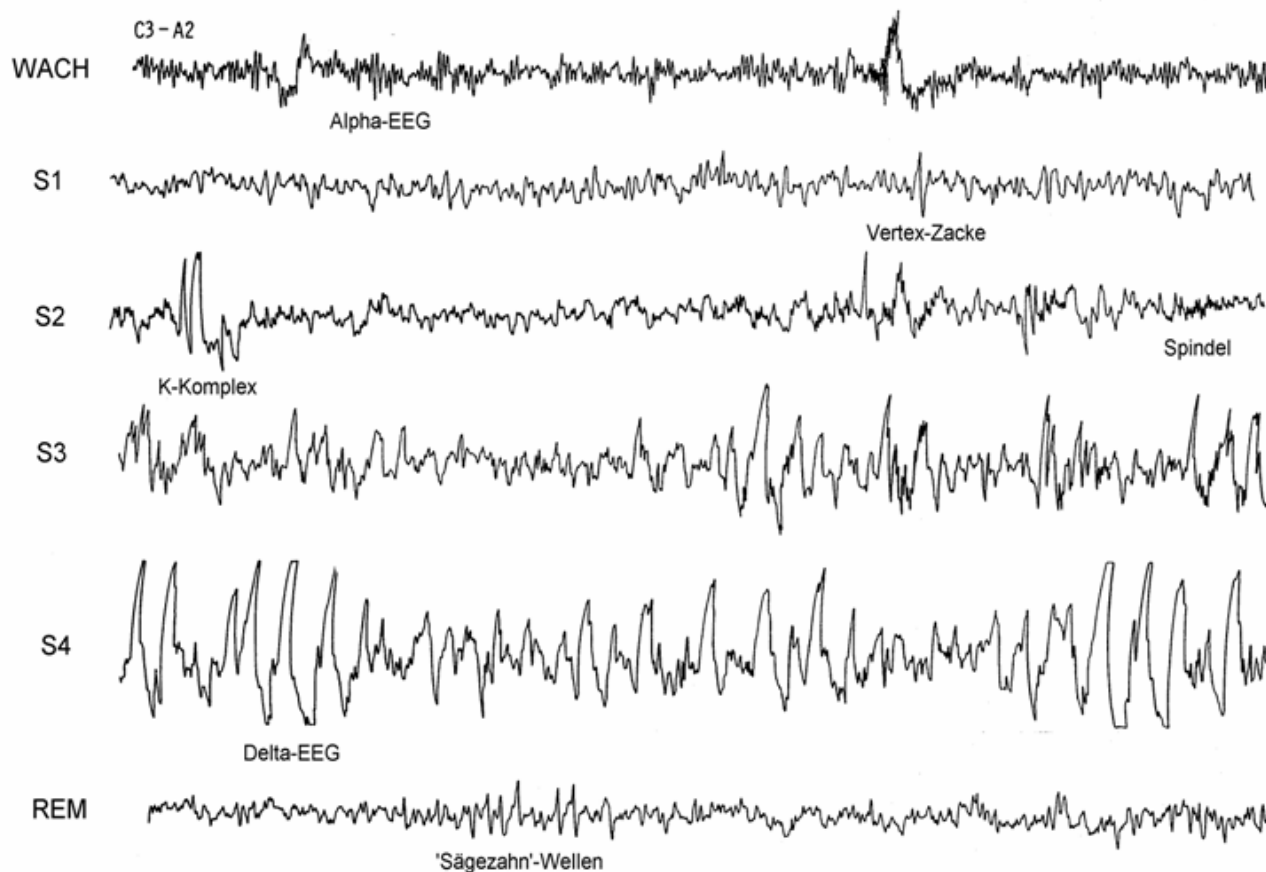
Bettzeitgruppe 2:

23-23.30 Uhr bis 07-07.30 Uhr

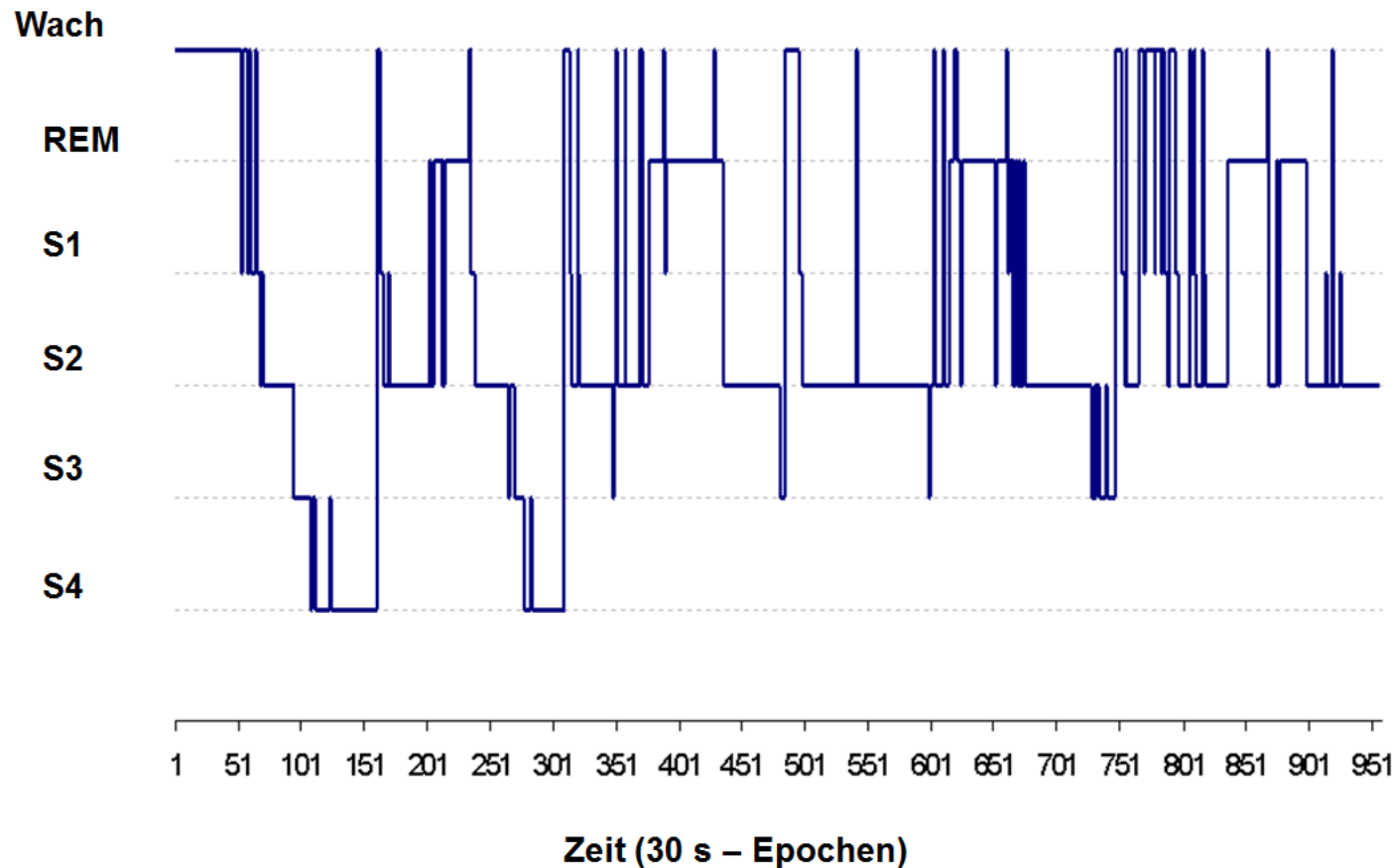


Methodik: Polysomnografie

(Schlafstadienklassifizierung nach Rechtschaffen & Kales)



Methodik: Polysomnografie – Hypnogramm, lärmfreie Nacht



Ergebnisse Polysomnografiemessungen 2011 + 2012

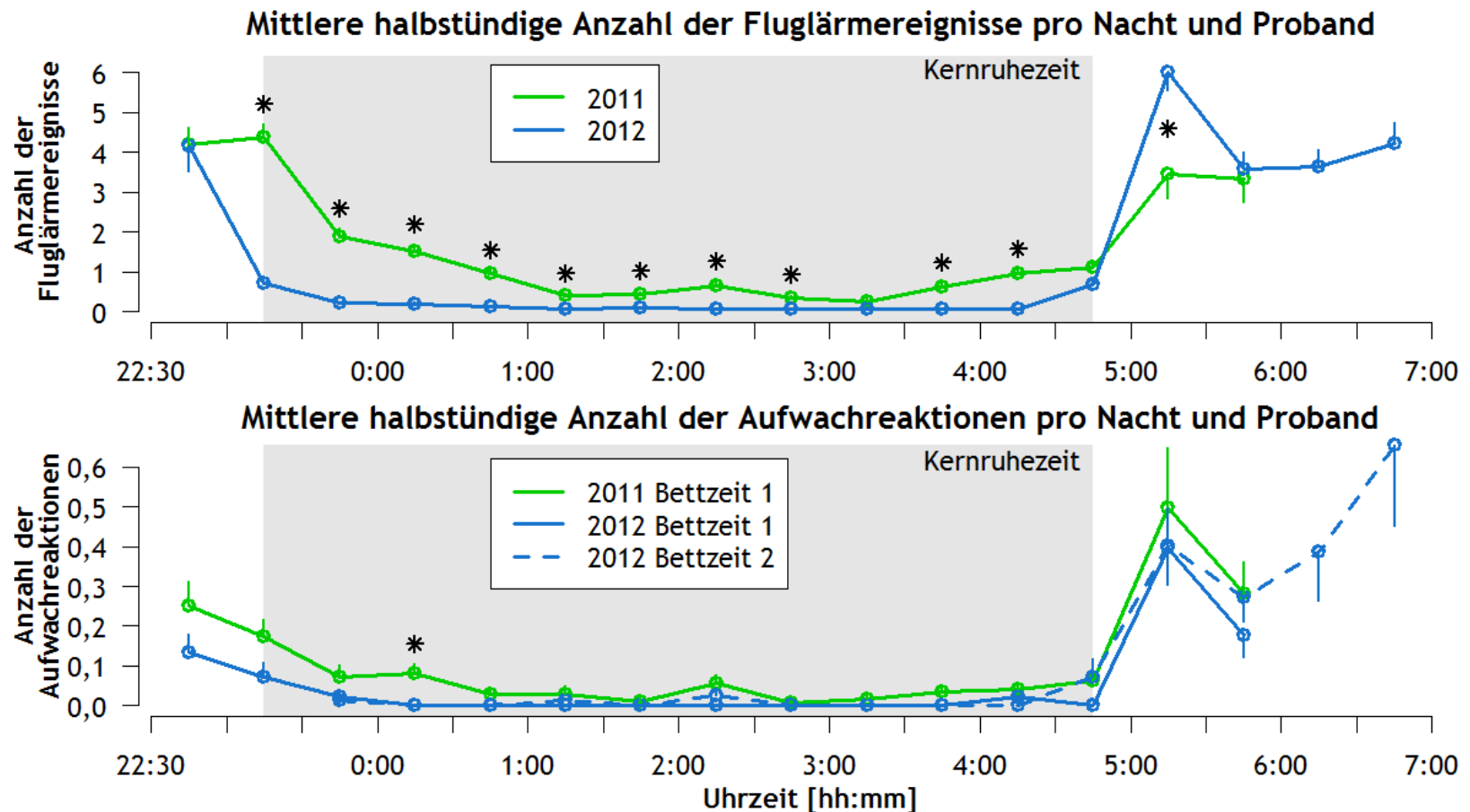
Definitionen

- **Fluglärmassoziierte Aufwachreaktionen**
stehen in einem unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit einem Fluglärmereignis (90s) beobachtetes Erwachen
- **Spontanes Erwachen = Erwachen ohne äußere Einflüsse**
- $P_{AWR_{\text{fluglärmassoziiert}}} = P_{AWR_{\text{fluglärminduziert}}} + P_{AWR_{\text{spontan}}}$

Problem:

- Bestimmung der spontanen Aufwachreaktionen in den gemessenen Lärmnächten
- es muss davon ausgegangen werden, dass durch den Lärm sich auch das zeitliche Muster der spontanen Aufwachreaktionen ändert. Die daraus resultierenden Konsequenzen für den Schlaf sind unbekannt.

Nächtlicher Verlauf an Fluglärmereignissen und assoziierten Aufwachreaktionen



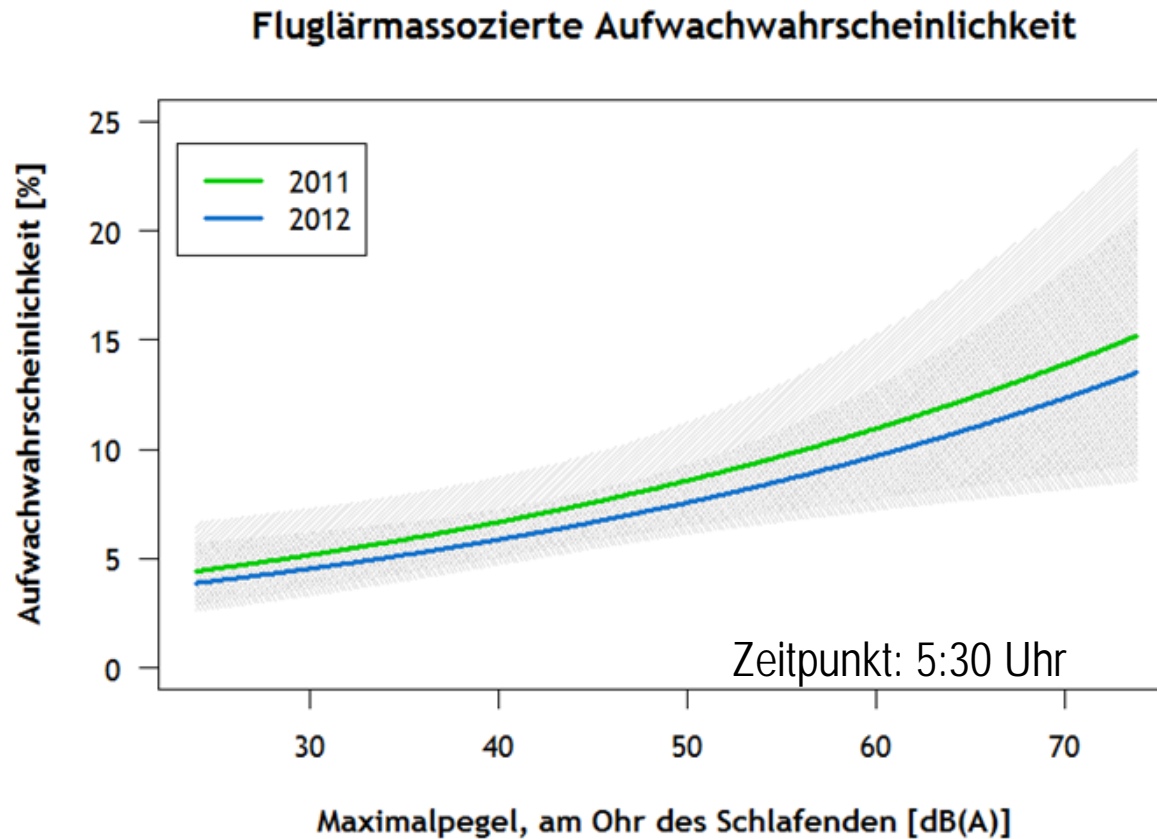
Aufwachwahrscheinlichkeit durch Fluglärm in den Jahren 2011 und 2012 am Flughafen Frankfurt

Modell mit der besten Anpassungsgüte (gesamte Daten aus 2011 und 2012)

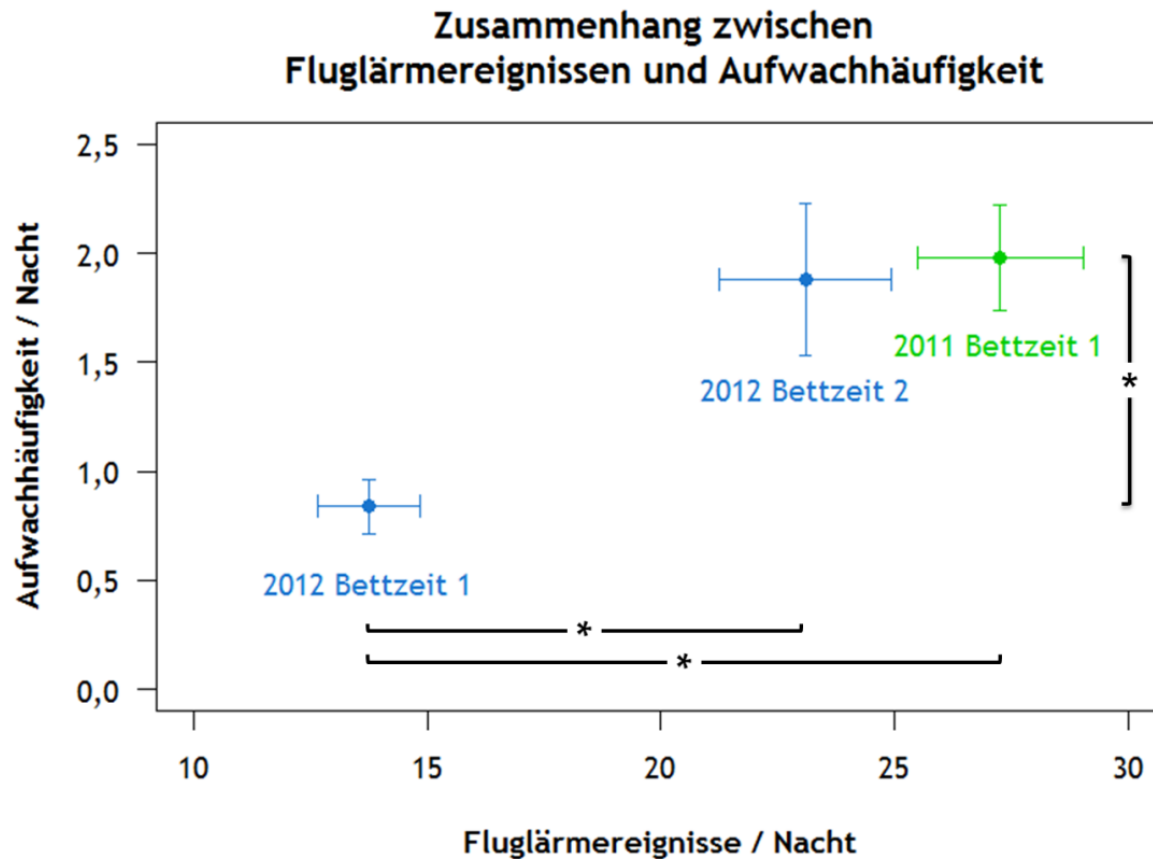
	Schätzer	SF	Standard. Schätzer*	p-Wert
Konstante	-7,482	1,485	-2,754	< 0,001
L_{ASmax}	0,078	0,032	0,404	0,014
Geräuschdauer	-0,007	0,003	-0,360	0,004
Bisherige Anzahl an FLE	0,016	0,003	0,589	< 0,001
verstrichene Schlafdauer	0,001	0,000	0,474	0,003
Alter	0,013	0,005	0,400	0,011
L_{ASeq} 1 min vor FLE	0,095	0,047	0,184	0,041
$L_{ASmax} * L_{ASeq}$ 1 min vor FLE	-0,002	0,001	-0,380	0,069

SF=Standardfehler, L_{ASmax} =maximaler Schalldruckpegel, L_{ASeq} =energieäquivalenter Dauerschallpegel in einer gegebenen Zeiteinheit, FLE=Fluglärmereignis.

Wahrscheinlichkeit bei einem Überflug am Flughafen Frankfurt vor und nach Einführung der Kernruhezeit zu erwachen

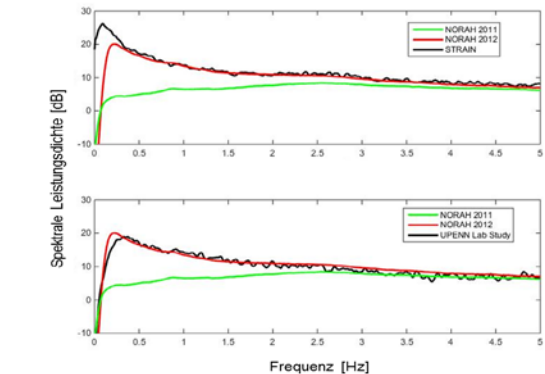


Fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit

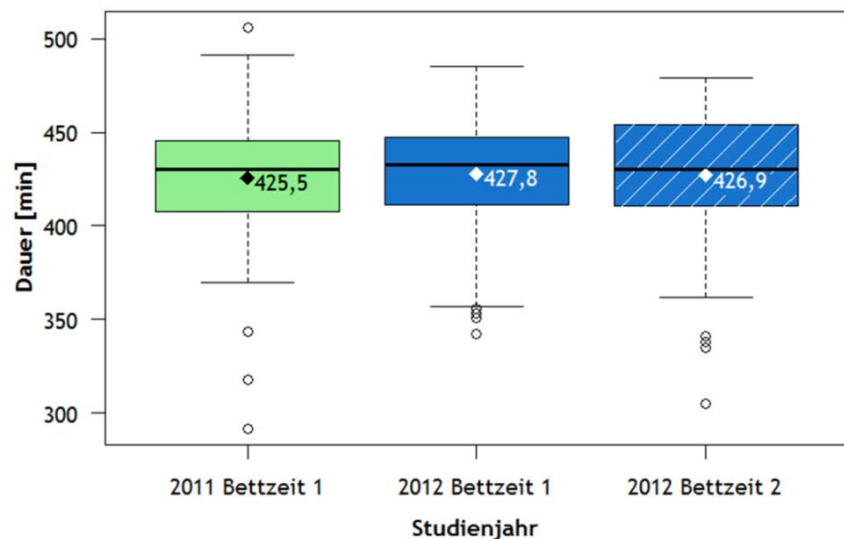


Probleme bei der Datenaufnahme Polysomnografie 2011

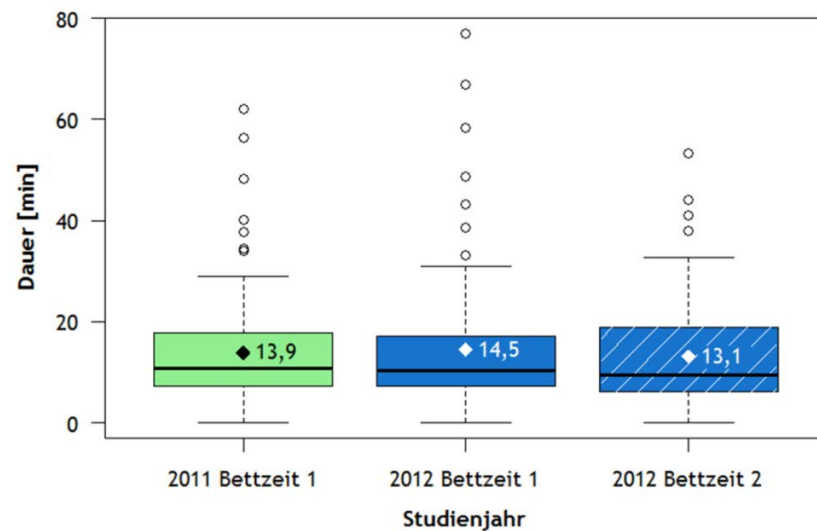
- Aufgrund einer **falschen Hardwarefilterung bei der EEG-Aufzeichnung in 2011** können für dieses Jahr in der Analyse **nur die Aufwachreaktionen**, nicht aber die Schlafstadien S1-S4 und der REM-Schlaf verwendet werden.
- Somit kann ein Längsschnittvergleich zwischen den Jahren 2011 und 2012 nur für die Größen vorgenommen werden, die nicht davon betroffen sind!
- **Für eine ausführliche Dokumentation des Problems sei auf den Anhang des Abschlussberichtes verwiesen!**



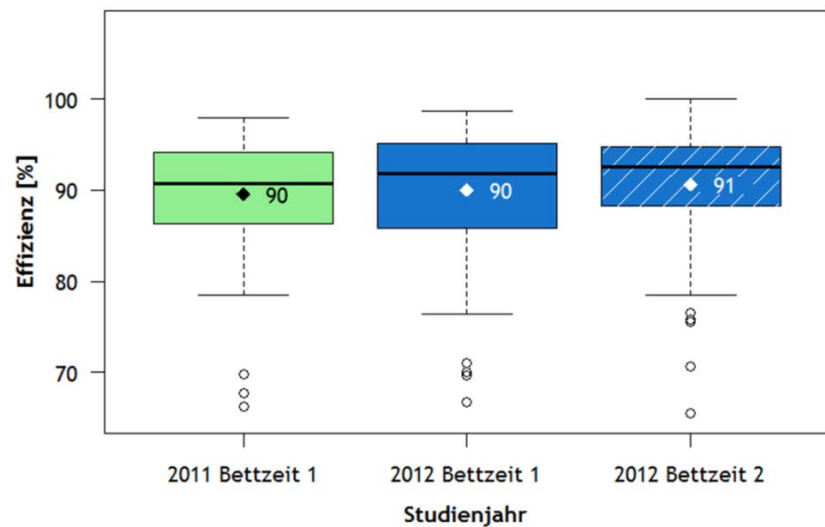
Gesamtschlafdauer



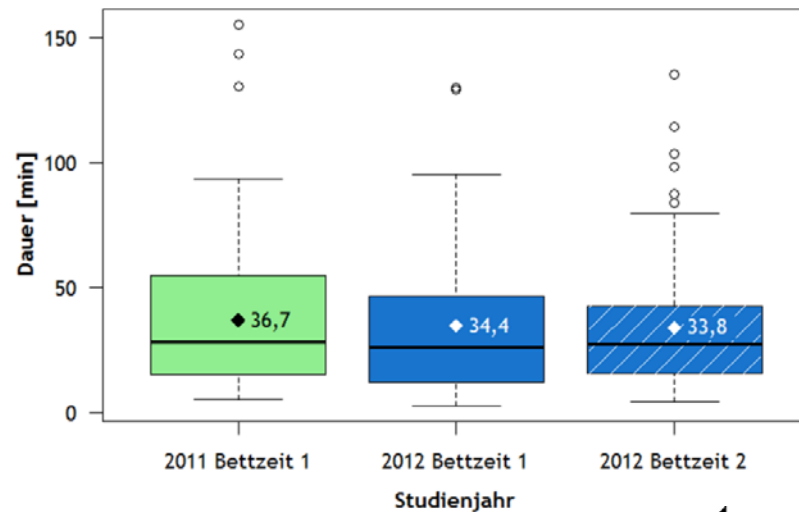
Einschlaf latenz



Schlafeffizienz (Gesamtschlafdauer / Dauer im Bett)

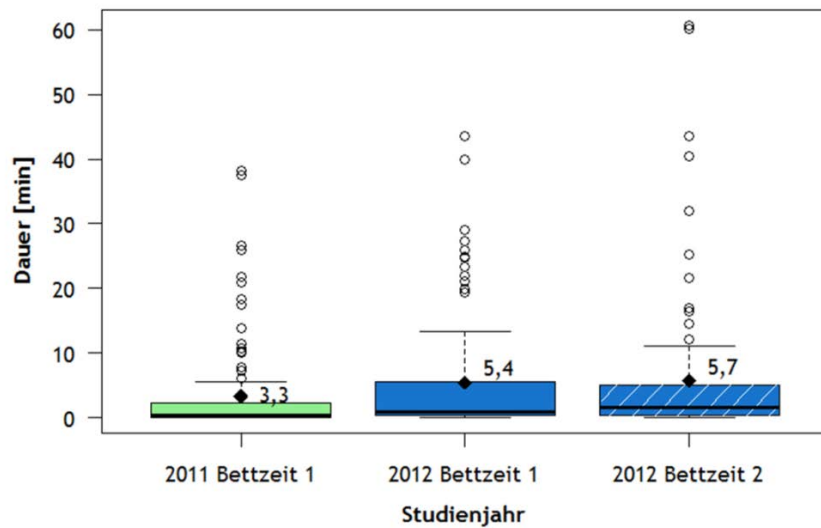


Wachdauer nach dem Einschlafen

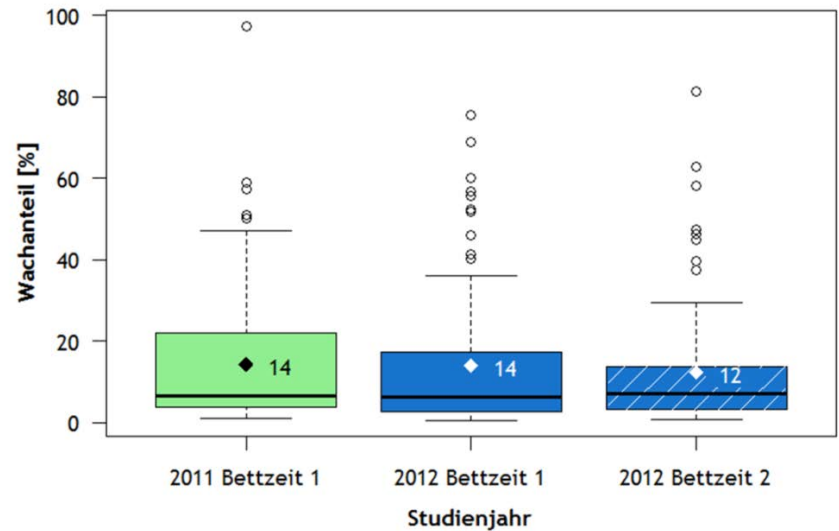


Quantität und Qualität des Schlafs

Differenz zwischen geplantem und tatsächlichem Schlafende

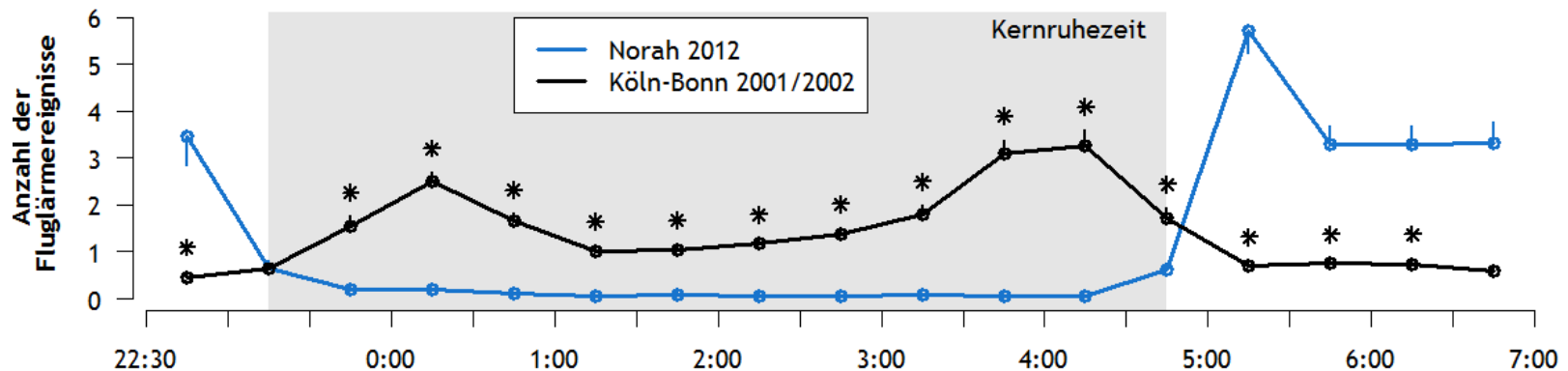


Wachanteil im Zeitraum 4:30 Uhr bis geplantem Schlafende

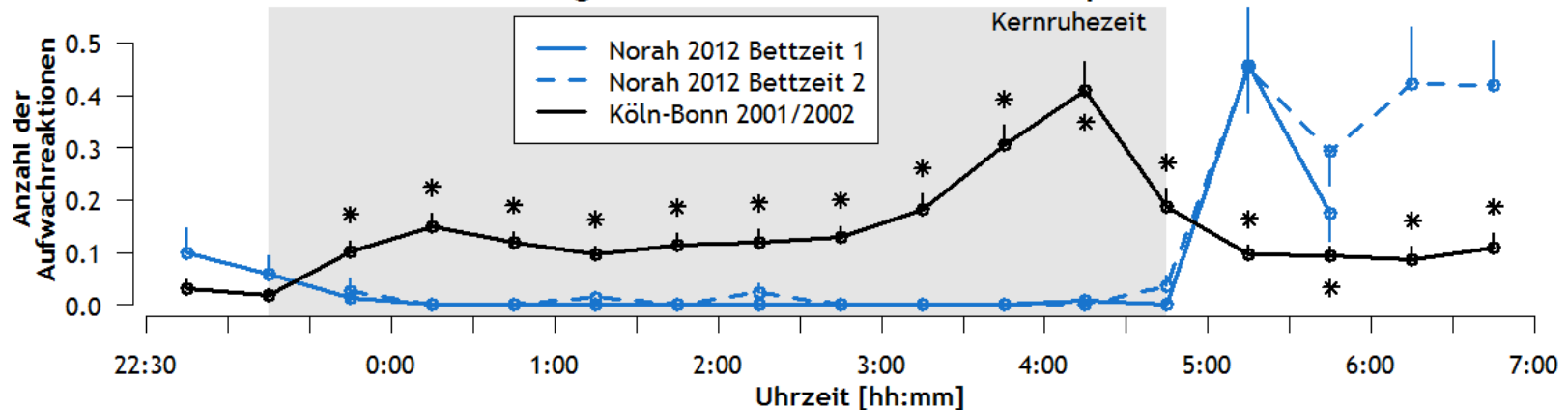


Vergleich NORAH 2012 - Köln/Bonn 2001/2002

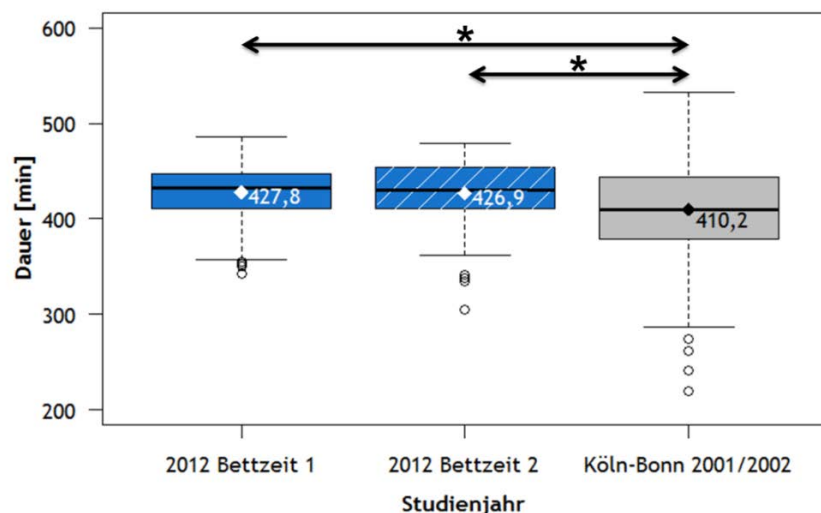
Mittlere halbstündige Anzahl der Fluglärmereignisse pro Nacht und Proband



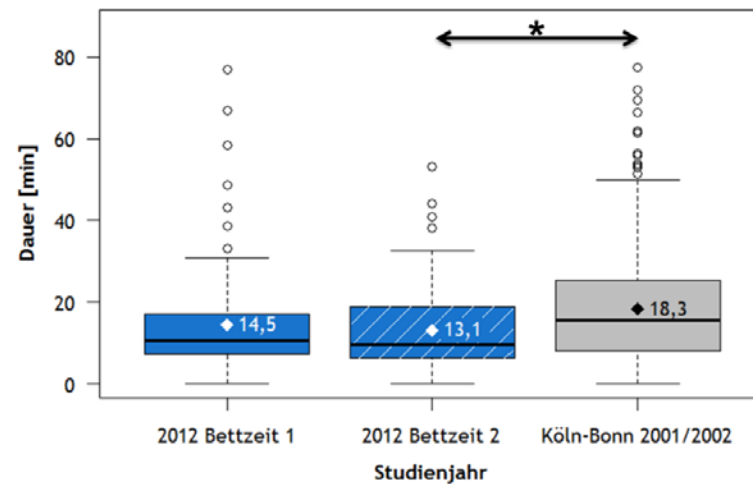
Mittlere halbstündige Anzahl der Aufwachreaktionen pro Nacht und Proband



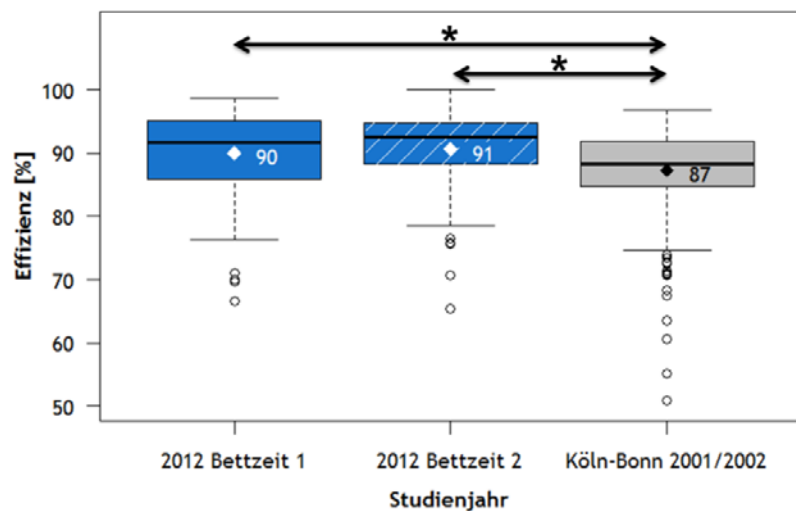
Gesamtschlafdauer



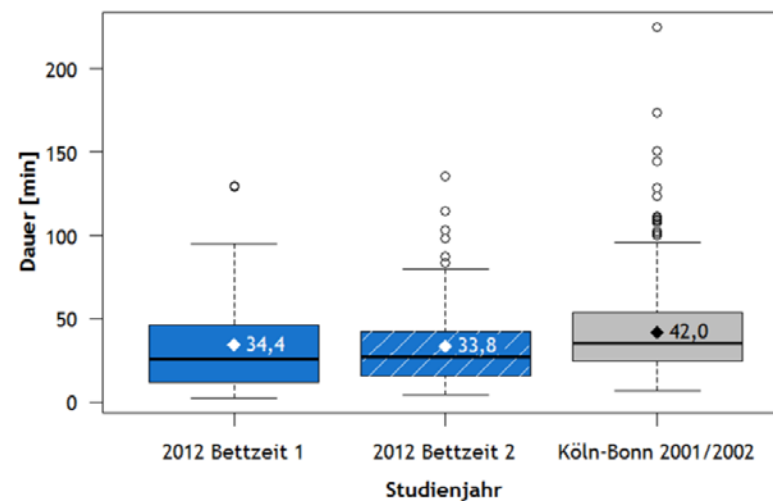
Einschlaflatenz



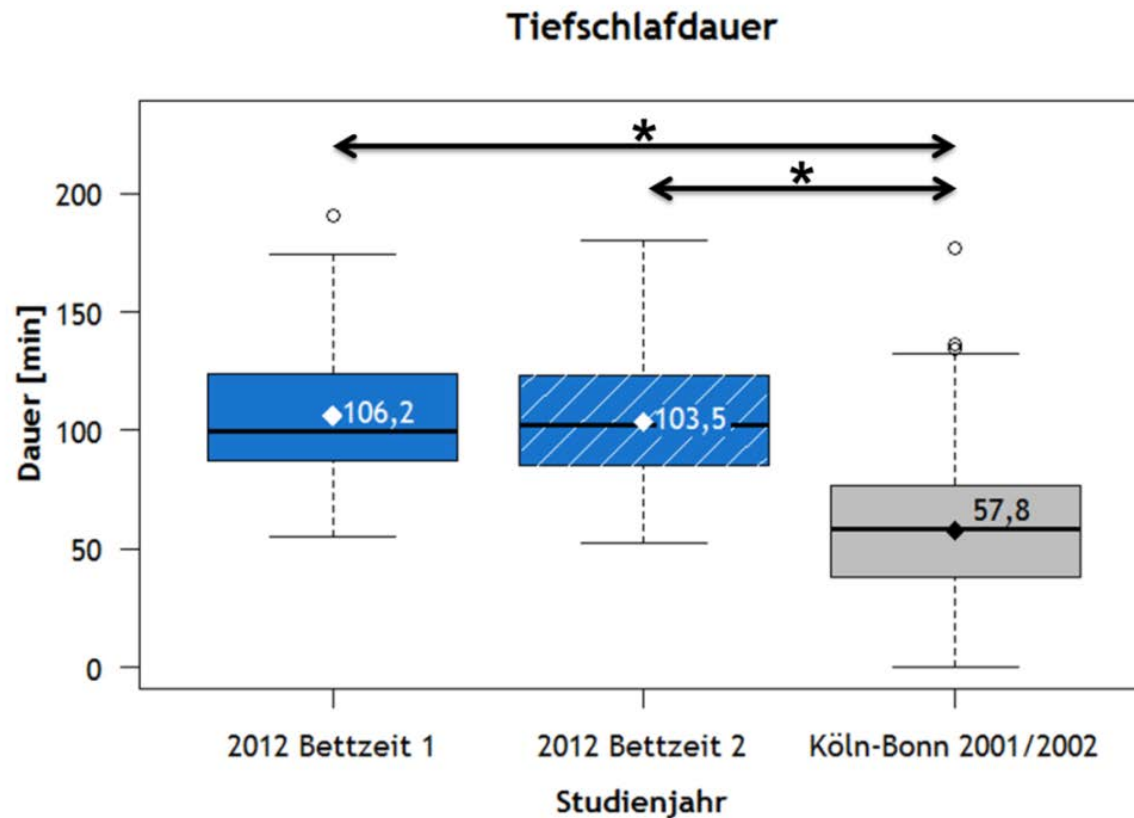
Schlafeffizienz (Gesamtschlafdauer / Dauer im Bett)



Wachdauer nach dem Einschlafen

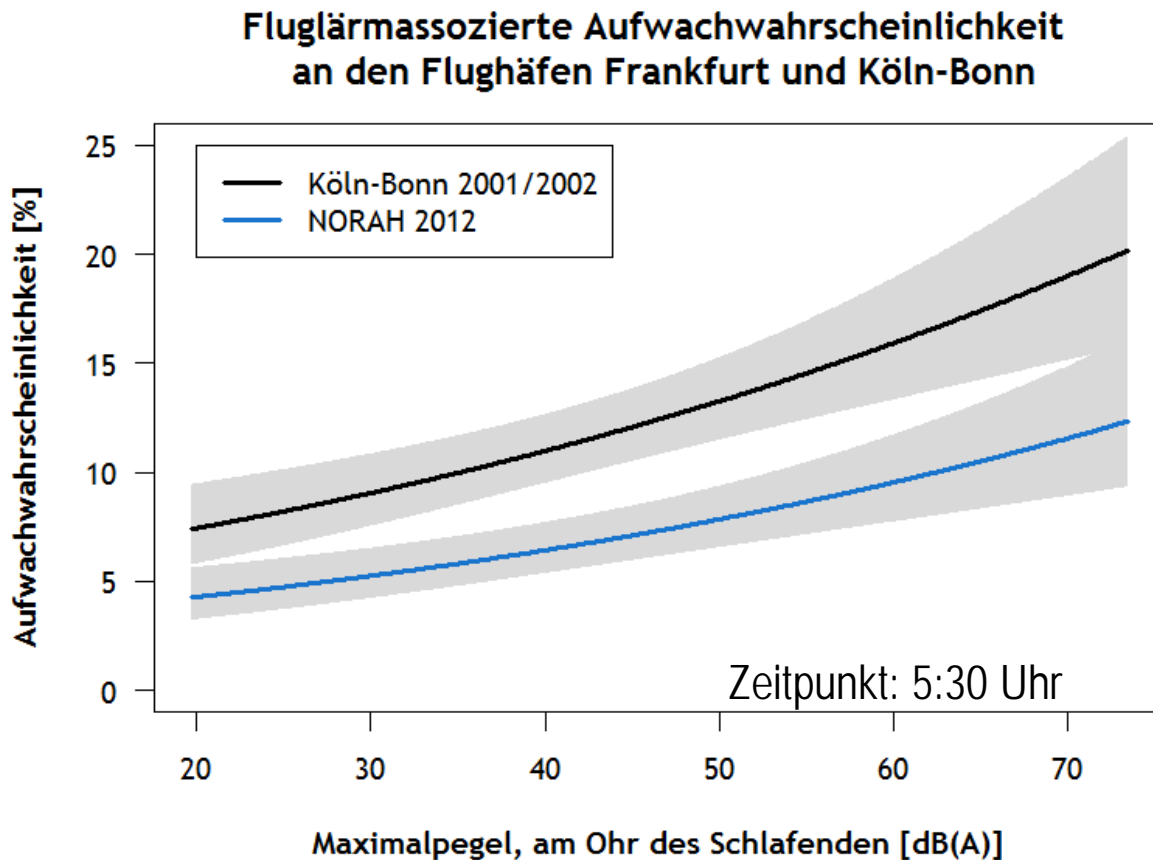


Quantität und Qualität des Schlafs



Mögliche Ursachen für die Unterschiede im Tiefschlaf liegen im Frequenzspektrum, der Anzahl und zeitlichen Verteilung von Fluglärm, der Bewertung durch unterschiedliche Auswerter und den unterschiedlichen Stichproben mit unterschiedlichen Bettzeiten begründet.

Expositions-Wirkungskurve an den Flughäfen Frankfurt im Jahr 2012 versus Köln-Bonn 2001/2002

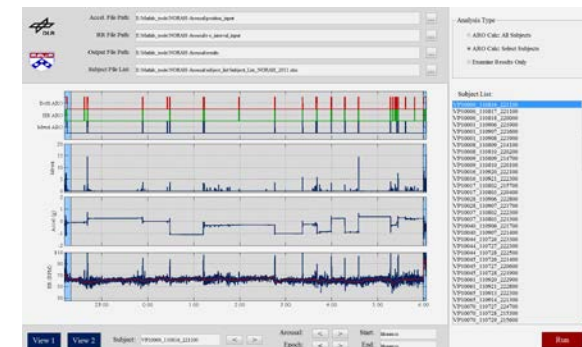
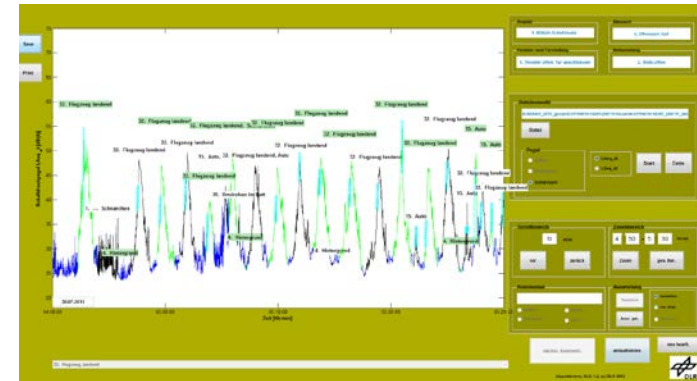


Ergebnisse vegetativ-motorische Messungen 2013

Vegetativ-motorische Methode

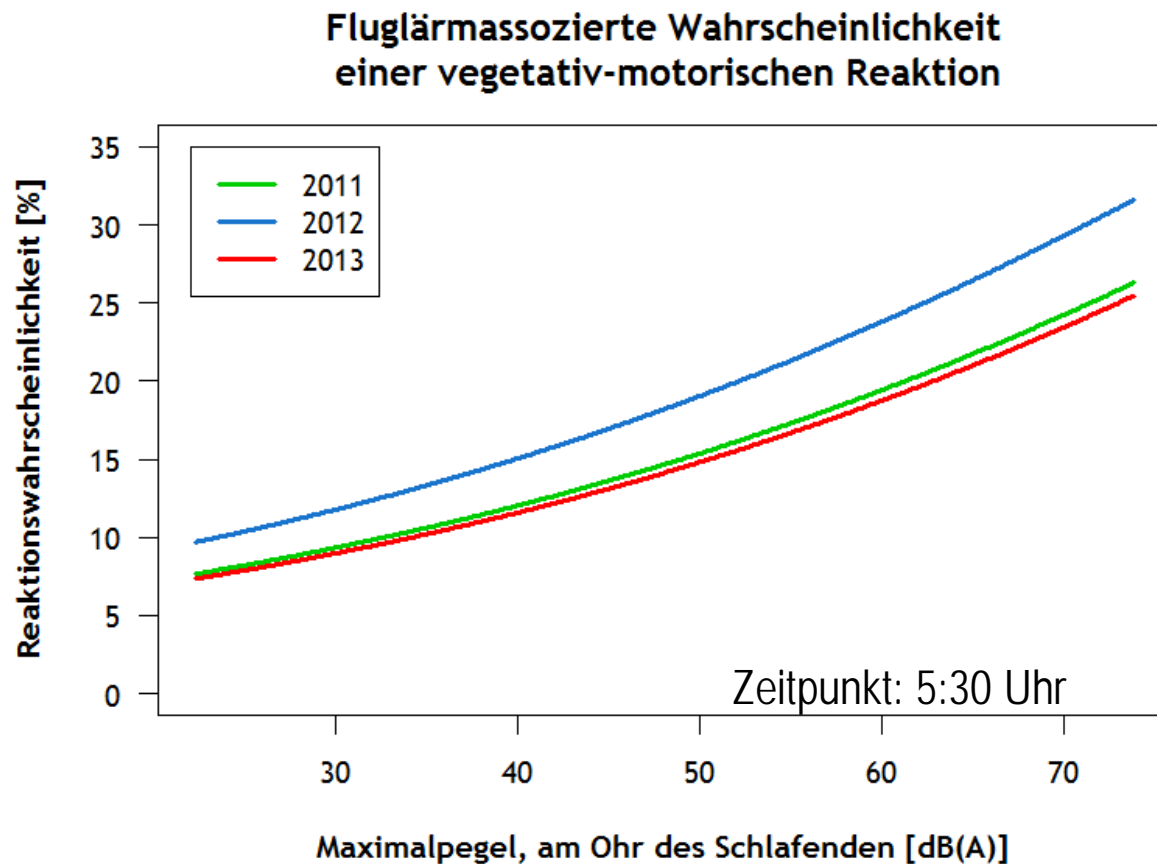


- misst EKG und Körperbewegung
- Automatische Auswertung
- Bei gleichem Budget und Aufwand können größere Stichproben untersucht werden
- Vor-Entwicklung DLR 2008, Weiterentwicklung mit NORAH- Polysomnografiedaten aus 2011 und 2012
- Messungen NORAH 2013
Philadelphia 2014/2015
weitere US-Flughäfen folgen

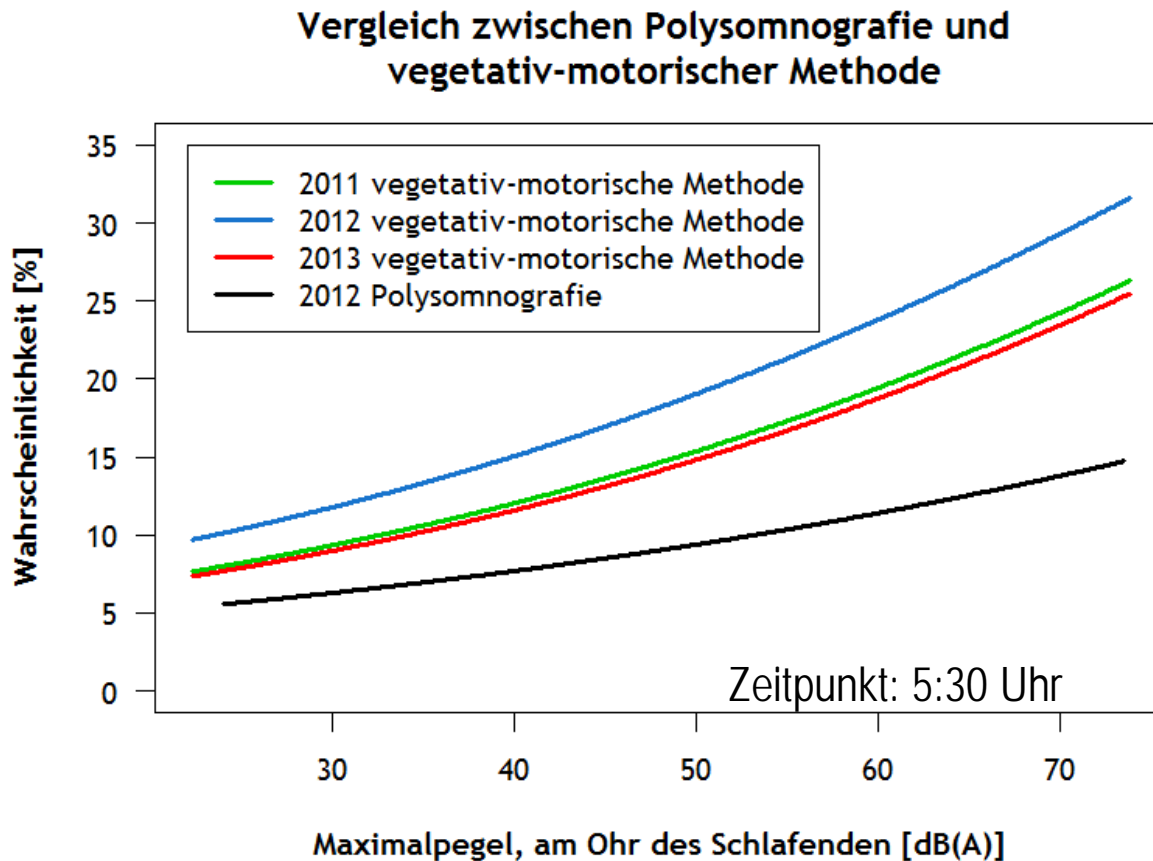


Kooperation mit Prof. Dr. Basner und Dr. Sarah McGuire von der University of Pennsylvania

Expositions-Wirkungskurven am Flughafen Frankfurt in den Jahren 2011, 2012 und 2013



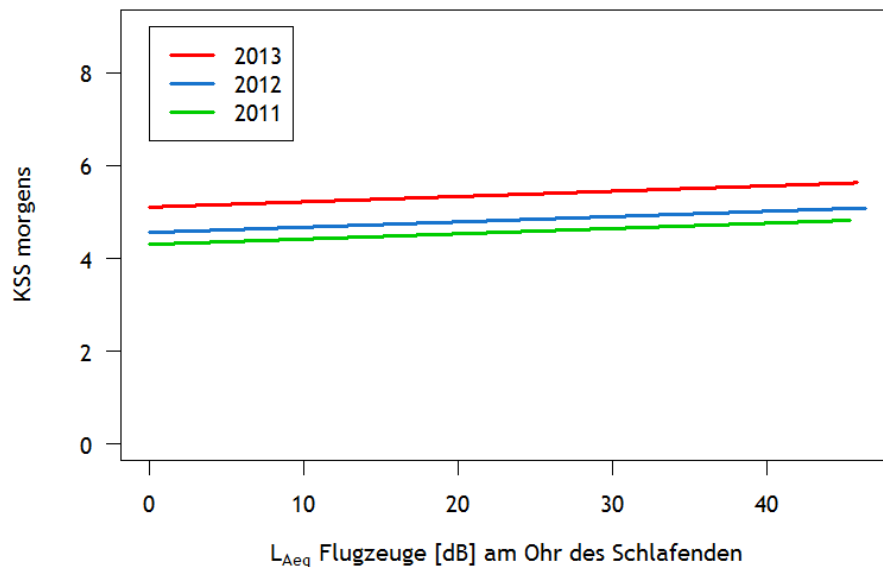
Unterschiede zwischen vegetativ-motorischer Methode und Polysomnografie



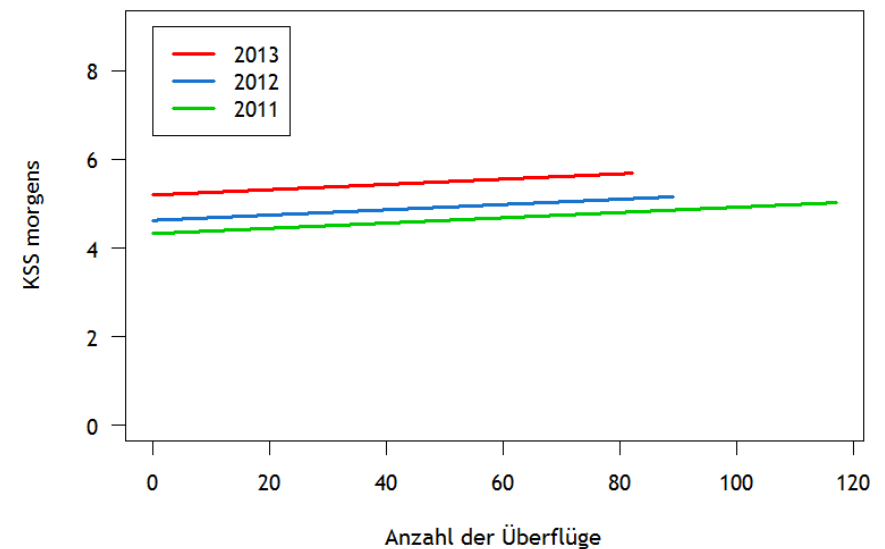
Befragungen zur subjektiven Schlafqualität und Belästigung durch Fluglärm in der vorherigen Nacht

Längsschnittanalyse der subjektiven Schläfrigkeit in den Jahren 2011 bis 2013

Schläfrigkeit am Morgen nach dem Aufstehen

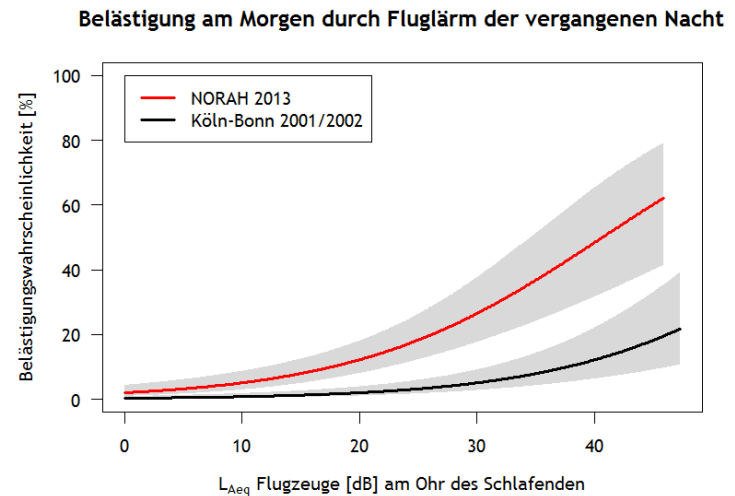
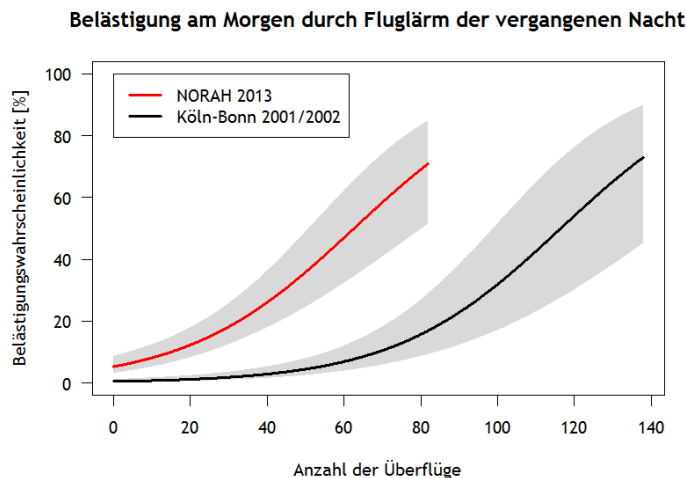


Schläfrigkeit am Morgen nach dem Aufstehen



Kurzzeitbelästigung, Vergleich NORAH 2013 - Köln/Bonn 2001/2002

- Eine zusätzliche Erhebung im Jahr 2013 zeigt einen statistisch signifikanten Einfluss der Anzahl an Überflügen und des energieäquivalenten Mittelungspegels auf die Kurzzeitbelästigung durch den Fluglärm der vergangenen Nacht. **Die Reaktion ist erheblich.**



Ausführliches Fazit Schlafstudie

Fazit:

Auswirkungen der Kernruhezeit

- Durch einen Rückgang der Anzahl an nächtlichen Überflügen **verringerte sich die fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit pro Nacht** in der Bettzeitgruppe 1 im Mittel von 2011 auf 2012 von **2,0 auf 0,8**.
- Die Bettzeitgruppe 2 hatte im Jahr 2012 eine mittlere fluglärmassoziierte Aufwachhäufigkeit von 1,9 pro Nacht. **Frühes zu Bett gehen** (d.h. das Ende der Nacht überlappt möglichst wenig mit den verkehrsreichen Zeiten am Morgen) **wirkt sich also protektiv auf den Schlaf aus**.
- Die Schlafquantität und –qualität (Gesamtschlafzeit, Einschlaf latenz, Schlaffeffizienz, Wachzeit nach dem Einschlafen) veränderten sich nicht.
- Der prozentuale Wachanteil ab 4.30 Uhr war in den Jahren 2011 und 2012 nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

Fazit:

Ergänzendes Ergebnis zur Schlafqualität

- Probanden, die **den Flugverkehr eher negativ bewerteten**, zeigten in beiden Jahren **mehr objektiv gemessene Schlafstörungen**. Die Kausalität des Zusammenhangs, ob also der gestörtere Schlaf eine negative Einstellung nach sich zieht oder umgekehrt, kann nicht aufgeklärt werden.

Fazit: vegetativ-motorische Methode (VMM)

- **Polysomnografisch gemessene Aufwachreaktionen** und vegetativ-motorische Reaktionen (**EKG+Körperbewegung**) bilden **unterschiedliche physiologische Prozesse ab**. Die VMM bildet nicht Eins zu Eins die Aufwachreaktionen ab, wie es eigentlich bei Projektstart intendiert war, sondern sie ist sensitiver.
- Die vegetativ-motorische Methode erlaubt durch die vereinfachte Messmethodik die Untersuchung größerer Stichproben bei gleichem finanziellen Aufwand.
- Die Messung vegetativ-motorischer Reaktionen während des Schlafs ist geeignet, lärmbedingte physiologische Ereignisse abzubilden. Diese Ereignisse sind möglicherweise besser geeignet als reine Aufwachreaktionen, um die Assoziationen kardiovaskulärer Erkrankungen mit langjähriger Lärmexposition zu erklären.

Fazit:

Subjektive Befragungen

- Eine zusätzliche Erhebung im Jahr 2013 zeigt einen statistisch signifikanten Einfluss der Anzahl an Überflügen und des energieäquivalenten Mittelungspegels auf die Kurzzeitbelästigung durch den Fluglärm der vergangenen Nacht. **Die Reaktion ist erheblich.**

Fazit: Subjektive Schläfrigkeit

- Die Schläfrigkeitsbewertungen liegen in allen drei Jahren auf einem mittleren Niveau.
- Das subjektive Erleben des Schlafs **verschlechtert sich trotz Einführung der Kernruhezeit statistisch signifikant von 2011 bis 2013 um 5-11%**, unabhängig von der Fluglärmbelastung. Dieser Effekt muss auf nicht erhobene Faktoren zurückgeführt werden. Dies gilt auch für die Probanden, die in allen drei Jahren teilgenommen haben.

Gesamtfazit Wissensstand heute

- Fluglärm stört den Schlaf, führt zu Veränderungen der Schlafstruktur und zu einer Zunahme von Aufwachreaktionen und Arousals.
- Im Vergleich zu klinischen Schlafstörungen, Alkoholeinfluss oder Sauerstoffmangel sind die Effekte jedoch geringer ausgeprägt.
- Trotz moderater Änderungen der Schlafstruktur wurde nachgewiesen, dass Fluglärm
 - die Tagesmüdigkeit erhöht,
 - zu Verlangsamungen der Reaktionszeit führt und
 - die Gedächtniskonsolidierung beeinträchtigt.

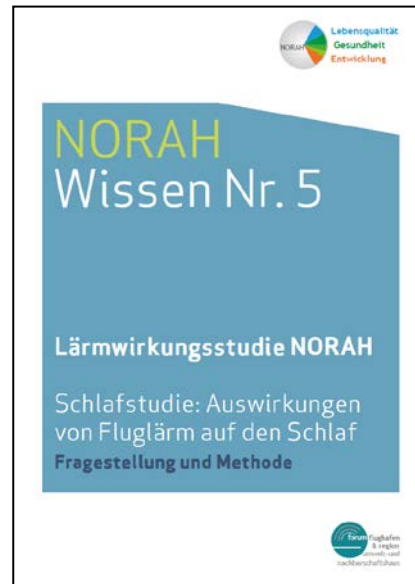
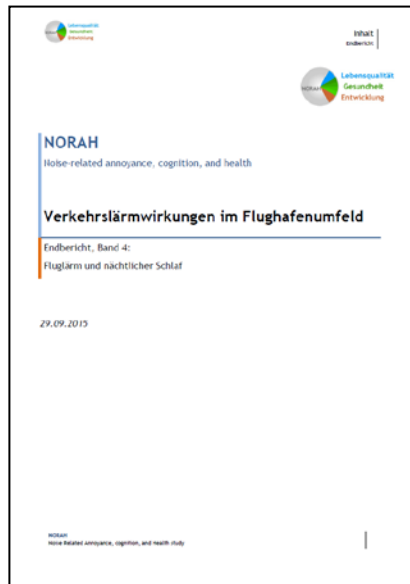
Gesamtfazit Wissensstand heute

- Es findet auch nach langjähriger Exposition keine komplette physiologische Anpassung statt.
- Menschen reagieren individuell sehr unterschiedlich auf Fluglärm.
- Aussagen zu gestörtem Schlaf und langfristigen Gesundheitsstörungen sind nur indirekt möglich. - **Hier besteht deutlicher Forschungsbedarf!**
- Die bisherigen Studien wurden mit schlafgesunden Probanden durchgeführt. Weitere Studien an vulnerablen Gruppen sind notwendig- **Hier besteht deutlicher Forschungsbedarf!**
(derzeit führt das DLR eine Schlafstudie mit Kindern am Köln/Bonner-Flughafen durch, Ergebnisse vss. 2018)

Gesamtfazit Wissensstand heute

- Akustische Mittelungspegel wie der Leq (auch mit zusätzlichen NAT-Kriterien) sind ungeeignet, physiologische Reaktionen im Schlaf zu beschreiben.
- **Hauptaugenmerk sollte für ein Nachtschutzkonzept im Fluglärmgesetz auf eine Vermeidung von fluglärmbedingten Aufwachreaktionen gelegt werden.**
Durch eine Vermeidung von **primären Folgen (Aufwachreaktionen)** werden auch **tertiäre Folgen (Gesundheitseinbußen)** verhindert.
Hierzu ist eine Expositions-Wirkungskurve notwendig, die für jeden Überflug eine Aufwachwahrscheinlichkeit angibt.
(siehe auch Bsp. Erstellung eines Nachtschutzkonzeptes für den Flughafen Leipzig/Halle durch das DIR im Jahr 2006).

Weiterführende Informationen



Abschlussbericht + NORAH Wissen Schlaf Methoden + Ergebnisse
(Bände 5 + 10)

<http://www.laermstudie.de/wissen/norah-wissen/>

Danksagung

Allen Versuchspersonen gebührt ein ganz besonderer Dank für ihr Interesse, ihre Geduld und Ausdauer, die Studie erfolgreich abzuschließen!



Finanzierung

Auftraggeber der NORAH-Studie war die [Gemeinnützige Umwelthaus GmbH](#), eine 100%ige Tochter des Landes Hessen.

Land Hessen:	86.46 %
8 Anrainer-Kommunen:	2.19 %
Fraport:	10.15 %
Lufthansa:	1.20 %

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

